

doi:10.3963/j.issn.1001-487X.2026.03.018

密集环境下两栋相邻锅炉房爆破拆除 控制技术研究*

夏治园¹,高朋飞¹,张 魏¹,杨 翎¹,杨 帆^{2,3},张西亚¹,黄乾悦¹,王 刚¹,熊言涛³

(1. 安徽江南爆破工程有限公司,宣城 242300;2. 安徽理工大学 土木建筑学院,淮南 232001;
3. 安徽江南化工股份有限公司,合肥 230000)

摘 要: 针对某电厂2栋相邻钢混-钢结构混合框架锅炉房爆破拆除工况,经过系统分析建筑结构特征和周边环境发现:锅炉房结构耦合效应突出、高宽比失衡、重心偏移风险显著、周边环境复杂且防护要求严苛。为克服上述重难点,本研究基于刚体重心合成理论划分质量单元、精准估算楼体重心高度约36 m,再结合耦合框架结构倒塌几何模型与经验公式,确定了爆破切口参数。按“弱柱强梁”设计原则优化钢混柱爆破参数,采用人工预切割切断建筑间隐性传力路径,保障两类结构同步失稳,再将第3排与第2排柱间延期时间增大为1 s,实现支撑点前移,避免因高宽比不足导致锅炉房“爆而不倒”。锅炉房设置2~3 s延期间隔避免塌落振动叠加,再结合复合防护体系控制爆破有害效应。现场试验结果表明:两栋锅炉房沿预设方向倒塌,爆堆集中且解体完全,爆破振动速度和塌落振动速度均低于安全阈值,无飞石危害及周边建筑损伤。该研究成果有效解决了密集环境下多栋锅炉房爆破拆除核心难题,为同类工程提供了工程借鉴。

关键词: 锅炉房;拆除爆破;密集环境;爆破设计;控制爆破

中图分类号: TU746.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-487X(2026)03-0179-08

Research on Controlled Blasting Demolition Technology for Two Adjacent Boiler Rooms in a Densely Built Environment

XIA Zhi-yuan¹,GAO Peng-fei¹,ZHANG Wei¹,YANG Ling¹,YANG Fan^{2,3},
ZHANG Xi-ya¹,HUANG Qian-yue¹,WANG Gang¹,XIONG Yan-tao³

(1. Anhui Jiangnan Blasting Engineering Co., Ltd., Xuancheng 242300, China;
2. School of Civil Engineering and Architecture, Anhui University of Science and Technology,
Huainan 232001, China;3. Anhui Jiangnan Chemical Co., Ltd., Hefei 230000, China)

Abstract: Aiming at the blasting demolition of two adjacent boiler houses with reinforced concrete-steel composite frames in a power plant, systematic analysis was conducted on their structural characteristics and surrounding environmental conditions. analysis reveals significant structural vulnerabilities, including strong coupling effects, imbalanced aspect ratios, and risks of center-of-gravity deviation, compounded by complex site conditions and strict safety requirements for demolition operations. To address these engineering challenges, the research employed rigid-body

收稿日期(Date of reception):2025-11-17

网络首发日期(Published online):2025-11-15

作者简介:夏治园(1995-),男,硕士、工程师,从事爆破数值模拟与工程爆破技术研究,(E-mail)1728435807@qq.com。

通信作者:高朋飞(1989-),男,博士、高级工程师,从事爆破工程技术与安全管理研究,(E-mail)568662152@qq.com。

基金项目:安徽省爆破器材与技术工程实验室开放基金重点项目(编号:AHBP2022A-02);安徽理工大学专利转化培育项目(编号:ZL201908)

About the author: XIA Zhi-yuan(1995-), male, master, engineer, mainly engage in the research of numerical simulation of blasting and engineering blasting technology, (E-mail)1728435807@qq.com.

Corresponding author:GAO Peng-fei(1989-), male, Ph. D, senior engineer, mainly engage in the research of engineering technology and safety management of blasting, (E-mail)568662152@qq.com.

Fund Programs: Key project of Anhui blasting equipment and technology engineering laboratory open fund(No. AHBP2022A-02), Anhui university of science and technology patent transformation and cultivation project(No. ZL201908)

center-of-gravity synthesis theory to segment structural mass units and precisely calculate the boiler houses' center of gravity at approximately 36 meters in height. By integrating the collapse geometric model of coupled frame structures with empirical engineering formulas, critical blasting cut parameters were determined. Following the weak-column-strong-beam design principle, the blasting parameters of RC columns were optimized. Artificial pre-cutting technology severed hidden load-transfer paths between the two buildings, ensuring synchronous destabilization of the RC and steel structural systems. Additionally, increasing inter-row delay time (2nd to 3rd columns) to 1 second facilitated supporting-point forward displacement, effectively preventing boiler house structural arrest due to insufficient aspect ratios. A 2 ~ 3 second delay interval was implemented between the two boiler houses to prevent superposition of vibration energy, while an integrated protective system was employed to mitigate blasting-induced hazards. Field tests confirmed both structures collapsed precisely along predetermined trajectories with compact debris piles and complete structural fragmentation. Measured blasting and collapse vibration velocities remained below safety thresholds, with no incidents of flying rock or adjacent structure damage. These results successfully address critical technical challenges in the demolition of multi-boiler houses in dense environments, establishing reliable engineering references for comparable projects.

Key words: boiler room; blasting demolition; Densely Built Environment; blasting design; controlled blasting

在国家“双碳”战略目标驱动下,传统高能耗、高排放工业设施的绿色化改造已成为城市更新与产业升级的关键环节。其中,服役多年的火力电厂因其效能低下、污染严重等问题而逐步关停,废旧电厂拆除与场地的再生利用需求日益迫切^[1-3]。废旧电厂中的燃煤机组锅炉房建筑群是电厂拆除工程的重难点,该建筑通常呈现出高度的结构复杂性,其主体结构多为钢筋混凝土框架,用以支撑和悬挂庞大的锅炉本体、附属设备及密集的管网系统^[4-6],这种“竖向高耸”与“水平延展”并存的混合承重体系,导致其整体结构刚度分布极不均匀,使得传统的机械拆除方法效率低下,安全风险突出,因此,锅炉房拆除常采用爆破拆除方法以提高拆除效率和安全性,实现建筑废料的快速回收^[7-9]。

在废旧电厂锅炉房爆破拆除技术研究方面,周晓光对锅炉房钢筋混凝土支撑柱实施钻孔爆破^[10],对钢结构支撑柱进行切割爆破,成功爆破一座 43 m 高钢结构锅炉框架。陆林欣通过整体设计方案的论述^[11],解决了锅炉房前侧倾倒场地不足,后座突出等问题。谢续文首次从破坏原有支撑^[12],重构钢结构支撑平衡体系角度出发,通过力学和运动解析,解决了钢结构框架爆而不倒的难题。安玉东采用定向倾倒控制爆破技术成功拆除了石嘴山热电厂一座高度 55 m 的框架结构厂房^[13]。综合现有研究成果来看,密集环境下的锅炉房群爆破拆除时仍面临着一系列严峻的技术挑战。

本文基于某地废旧电厂 2 栋 49 m 高钢筋混凝土-钢结构锅炉房,采用复合结构协同爆破技术定向倒塌爆破方法,有效控制了锅炉房爆破过程中的倒塌方向、后座程度和触地振动,为多栋大型建筑的协

同、有序拆除提供了有效参考。

1 工程概况

1.1 锅炉房结构

某地发电厂始建于 1982 年,装有 4 台 30 万 kW 汽轮发电机组,分两期建成,一期两台 30 万 kW 汽轮发电机组于 1986 年投产运行。现因为四期 2×1000 MW 煤电项目前期迁改,决定关停该发电公司一期 2 台 30 万千瓦发电机组,这两台机组的所有设备、建(构)筑物全部拆除。其中一期 1、2 号机锅炉房(锅炉型号:SG-1025/16.96-M862)是本次拆除的重点和难点之一,2 座锅炉房建筑结构参数基本相同,均为高 49 m,东西长 38 m,南北宽 28 m 的钢混-钢结构混合框架,整体建筑形态见图 1。



图 1 待拆除锅炉房

Fig. 1 Boiler rooms to be demolished

锅炉房为框架结构,东西方向和南北方向均为三跨四柱,主要由 16 根承重立柱和各层承重梁组成,搭接式连接,南侧框架外另搭接有钢结构体。锅炉房 1 层层高 11.5 m,2 ~ 6 层高 7.5 m 左右,立柱结构如图 2 所示。图中 1、4、5、8、9、12、13、16 柱断面尺寸为 $1.0 \times 0.8 \text{ m}^2$; 2、3 柱断面尺寸为 $1.8 \times$

1.1 m²;6、7、10、11、14、15 柱断面尺寸为 1.5 × 0.8 m²,立柱间还有不同断面尺寸的承重钢柱。

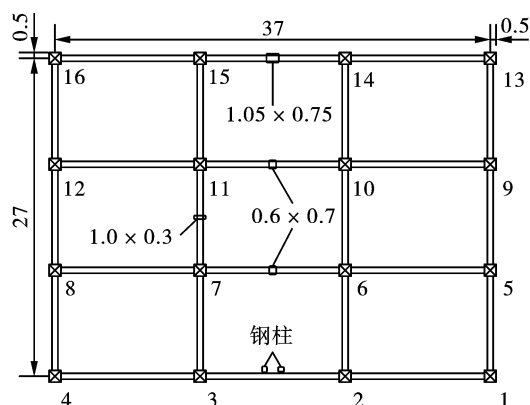


图2 结构立柱示意图(单位:m)

Fig. 2 Schematic diagram of structural columns(unit:m)

1.2 周边环境

1~2号锅炉房周边环境复杂,西距二期锅炉房25 m,东侧距居民区325 m;北侧距待拆除除尘器30 m,往北75 m为待拆烟囱,再往北170 m是储煤场;距西北侧二期烟囱158 m,以远距重油罐270 m、轻油罐300 m,距三期烟囱340 m;西侧距二期锅炉房25 m,以远距三期锅炉房225 m;距南侧电气综合楼125 m,500 kV 室外配电装置160 m,冷却塔420 m,距东南侧220 kV 室外配电装置120 m,周边环境布置如图3、图4所示。

2 爆破方案设计

2.1 工程重难点

综合分析待拆除2栋锅炉房结构特点和周边环境发现其爆破难度系数较高,面临以下多重技术挑战:

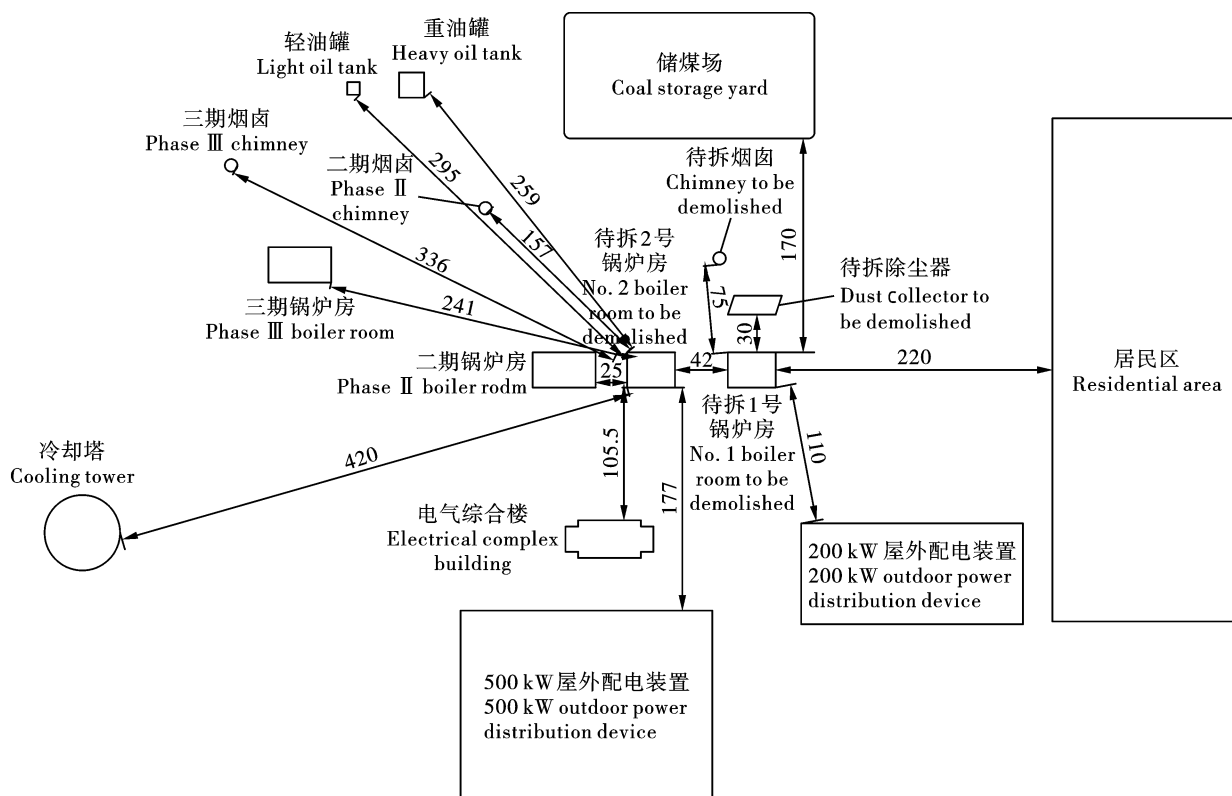


图3 待拆锅炉房周边环境布置图(单位:m)

Fig. 3 Layout plan of the surrounding environment of the boiler room to be demolished(unit:m)

(1)复合结构协同爆破难度突出。建筑为钢混-钢结构混合框架,两类构件受力特性差异显著,切口参数匹配不当易导致局部支撑失效或残留强度过高,引发结构倾覆轨迹偏离预设方向,同时北侧与西侧均有距离相近的建筑物,一旦倒塌偏离方向易触及建筑物,影响建筑安全。

(2)相邻结构耦合失稳风险高。两栋锅炉高宽比小且距离较近,底层连接构件及管线支架形成隐

性关联,首爆塌落冲击易传递至未爆结构,诱发梁柱节点开裂,破坏支撑平衡体系,增加“爆而不倒”或多向倾倒隐患。

(3)荷载与重心控制难度大。内部集成磨煤机、除尘器及密集管网,初始荷载分布不均,预处理阶段拆除非承重构件进一步改变质量分布,导致重心动态抬升或偏移,增大倾覆力矩计算偏差,影响爆破切口设计精度。



图 4 待拆锅炉房周边环境卫星图

Fig. 4 Satellite image of the surrounding environment of the boiler room to be demolished

(4)有害响应控制复杂。周边环境敏感,爆破振动叠加后易超安全阈值,坍塌振动加剧对周边地基及建筑基础的影响,飞石防护需采取多层措施,设计与实施难度显著提升。

2.2 重难点解决措施

针对上述拆除爆破重难点,通过系统分析锅炉房结构和受力倒塌特点,结合相关工程爆破经验技术,拟采取以下措施进行拆除爆破作业:

(1)复合结构协同爆破控制:通过重心合成原理估算锅炉房重心并结合经验公式确定爆破切口参数,按“弱柱强梁”原则设计爆破切口高度,确保钢混柱形成有效塑性铰;钢柱采用“人工预切割”工艺,先预切割倒塌方向面形成切口,保障两类结构构件同步失稳,避免局部支撑失效不均。

(2)相邻耦合失稳风险控制:爆破前彻底切断两栋锅炉房间的底层连接平台、管线支架等隐性结构连接,切断传力路径;对锅炉房的后排立柱实施弱松动爆破,设计 0.5 ~ 1.2 m 炸高形成塑性铰,缓冲东侧爆破产生的冲击能量,防止梁柱节点出现非预期开裂。

(3)荷载与重心控制:预处理阶段,依据锅炉基础荷载表实测磨煤机、除尘器等设备荷载分布,明确荷载集中区域,优先拆除荷载集中区及重心偏移侧的非承重构件,如楼梯间、隔墙,减少局部荷载叠加导致的重心偏移。

(4)爆破有害效应控制:利用东侧锅炉房较西侧提前 2 ~ 3 s 的延期起爆时序,避免两栋结构爆破振动与坍塌振动叠加,降低整体振动强度;在结构坍塌区域铺设 1.5 ~ 2.5 m 厚柔性缓冲层,减弱触地冲击产生的坍塌振动;对爆破部位采用“沙袋 + 废旧地毯 + 多层安全网”组合防护,拦截爆破飞石;通过振动计算公式校核爆破振动速度,确保不超过安全阈值。

2.3 爆破技术设计

2.3.1 倒塌方向

仔细勘查和分析锅炉房周围环境发现,建筑物南、西、北三侧均有需保留建筑结构,仅东侧场地比较宽阔,倒塌空间足够,故本次锅炉房悬顶正东方向为倒塌方向,如图 5 所示。



图 5 锅炉房倒塌方向

Fig. 5 Collapse direction of the boiler room

2.3.2 切口高度

高层建筑物爆破时偶尔会出现倾而不倒或部分不倒现象,如何保证建筑物全部倒塌是爆破切口高度设计需要考虑的重要因素^[14,15]。爆破切口一般要满足两个条件:一是楼房倾倒时重力矩必须大于预留支撑的截面抗矩,二是爆破切口闭合时,楼房重心必须在楼房触地点的外侧。根据这两个条件,利用图 6 所示的楼房倾倒的平面简化计算模型,可计算出爆破切口高度。

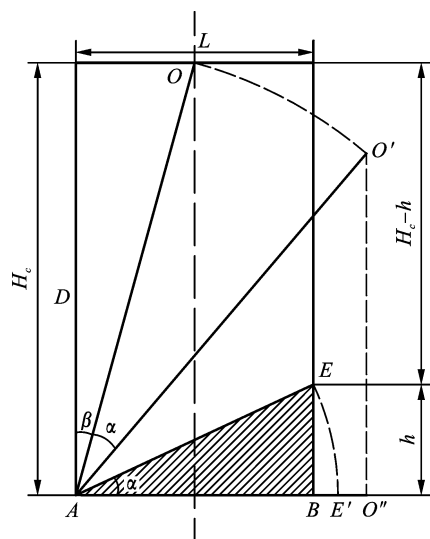


图 6 楼房倾倒简化模型

Fig. 6 Simplified model of building toppling

基于该几何模型,得出以下切口高度计算经验公式

$$[H_c - \sqrt{H_c^2 - 2L^2}]/2 \leq h \leq H_c/2 \quad (1)$$

式中: H_c 为待拆建筑物重心高度, m; L 为结构基底宽度, m; h 为爆破切口的相对高度, m, 通常切口高度取计算值的 1.1 ~ 1.3 倍, 防止倾覆力矩不足。

式(1)中成立条件

$$\sqrt{H_c^2 - 2L^2} \geq 0 \quad (2)$$

化简可得

$$H_c/L \geq \sqrt{2} \quad (3)$$

待拆锅炉房为典型框架结构, 高 49 m, 其框架重心高度约为 24.5 m 标高处, 由于内部集成磨煤机、除尘器及密集管网, 锅炉重量集中在二层以上, 即 21.2 m 以上, 预处理阶段拆除非承重构件进一步改变质量分布, 导致重心动态抬升或偏移。基于刚体重心合成原理, 先划分建筑质量单元, 在估算各单元重量与重心坐标, 最后经矢量合成得整体重心, 估算得出待拆建筑重心约为 36 m 高度位置。由于倒塌方向选择东侧方向, 建筑物柱间跨度为 $L = 37$ m (去掉两边 1/2 立柱宽度)。

将相关参数值代入式(3)中发现, 锅炉房高宽比不满足定向倒塌条件, 为解决此类问题, 设计时将支撑点(转动铰链)前移 1 排, 以第 3 排柱为临时支撑点, 待锅炉房重心偏移过临时支撑点, 再爆破余留部分的支撑柱, 具体实施方法是在设计延期时, 将第 3 排柱和第 2 排柱之间的延期时间扩大至 1 ~ 1.5 s 左右, 以达到支撑点前移, 形成临时转动铰的目的。支撑点前移后, 建筑物有效支撑宽度调整为 $L_1 = 25$ m。

代入式(1)中可得

$$14.6 \text{ m} \leq h \leq 18.0 \text{ m} \quad (4)$$

根据锅炉房实际形态, 最终确定切口高度 $h = 15.0$ m, 设计切口如图 7 所示。

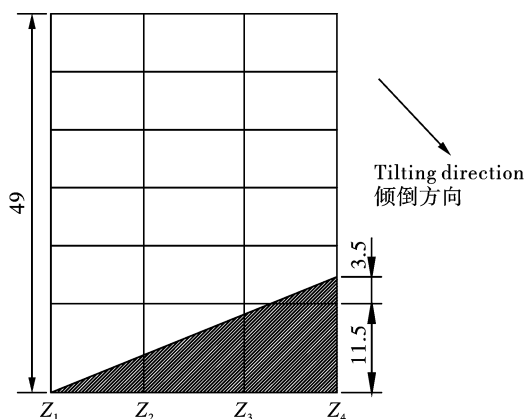


图 7 锅炉房爆破切口形态(单位:m)

Fig. 7 Form of the blasting cut in the boiler room(unit:m)

图 7 中, 待拆锅炉房的爆破的主切口为近似三角形布置。具体为: 将 Z_4 轴的 4 根立柱自下而上

1 层爆破全高, 同时在 2 层处布置部分炮孔, 达到设计切口高度; Z_3 轴 4 根立柱爆破 8 m; Z_2 轴 4 根立柱爆破 3 m; Z_1 轴的 4 根立柱仅布置 2 ~ 4 个炮孔/根, 进行弱爆破, 其中 Z_2 柱形成临时转动铰, Z_1 柱子形成接续转动铰。

2.3.3 预拆除

预拆除方法包括“挖掘机 + 液压破碎锤”破拆法, 以及人工风镐凿除并配以锤砸或撬除等方式; 拆除范围包括爆破切口范围内的锅炉房非承重构件, 一层、二层爆破切口内的电梯井横墙, 其中建筑物内的钢柱和南侧钢结构需预先切断并开设切口, 如图 8 所示。



图 8 钢柱切口

Fig. 8 Steel column notch

2.3.4 爆破参数设计

(1) 炮孔直径: 炮孔直径为 $d = 38 \sim 42$ mm, 考虑均匀布药原则, 采用三角形布孔方式;

(2) 最小抵抗线 $W = 0.25 \sim 0.4$ m;

(3) 炮孔间距 $a = 0.3$ m;

(4) 炮孔排距 $b = 0.20 \sim 0.3$ m;

(5) 炮孔深度 $l = 0.8 \sim 1.6$ m (随立柱边长的增大而取大值);

(6) 炸药单耗: 采用 $\phi 32$ mm 的炸药卷进行爆破, 根据工程类比和经验, 采用加强松动爆破时, 考虑配筋加密的因素, 这里取炸药单耗为 $q = 3.4$ kg/m³。

(7) 单孔装药量

$$Q = qaWB \quad (5)$$

式中: B 为立柱的边长, 这里分别为 1.8 m、1.5 m 和 1.0 m; W 为最小抵抗线。代入数据计算单孔装药量为: $Q_{\text{单}} = 0.26 \sim 0.73$ kg/孔, 取 $Q_{\text{单}} = 0.30 \sim 0.70$ kg/孔。即 1.8 m × 1.1 m 立柱单孔装药 700 g; 1.5 m × 0.8 m 立柱单孔装药 600 g; 1.0 m × 0.8 m 立柱单孔装药 600 g。

见表 1。

表 1 立柱炮孔参数及装药量一览表

Table 1 Blasting hole parameters and charge quantity of columns

立柱尺寸 Dimensions of the column/m	孔距 Spacing a/cm	排距 Burden b/cm	孔深 Hole depth/cm	单耗 Powder factor $Q/(kg \cdot m^{-3})$	实际单孔药量 Actual powder factor/g	孔数 Blast hole quantity/个
1.8 × 1.1	30	30	160	3.4	700	43
1.5 × 0.8	30	30	130	3.4	600	55
1.0 × 0.8	30	30	80	3.4	600	212

(5) 炮孔数目和总药量: 立柱总计 310 孔, 总计药量 200.0 kg。

2.3.5 起爆方法及其网路

为了安全、可靠进行爆破作业, 切口内主起爆网路全部采用电子雷管孔内延期。将整个起爆网路分成若干个分区; 主爆破区起爆采用孔内延期。分区情况具体为:

第①分区: 将 Z_4 轴的 4 根立柱, 连同立柱顶部旁的梁柱炸断, 设为第一分区。该区内的炮孔所装雷管延期时间为: 从低到高分成两个时区: 一区装 100 ms; 二区装 150 ms。

第②分区: 将 Z_3 轴的 4 根立柱连同沿轴柱梁两端的炸点等, 作为第二分区。该区内的炮孔所装雷管延期时间为 200 ms。

第③分区: 将 Z_2 轴的 4 根立柱作为第三分区。所有炮孔雷管延期时间 1500 ms。

第④分区: 将 Z_1 轴的 4 根立柱作为第四分区, 该区内的炮孔雷管延期时间 2500 ms。见图 9。

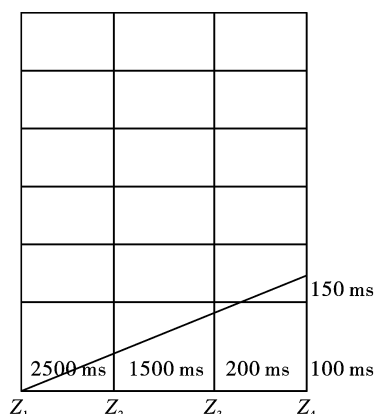


图 9 爆破网路延期分区

Fig. 9 Delay zoning of the blasting network

为降低单次起爆药量, 防止锅炉房塌落振动叠加, 2 栋锅炉房间爆破延期间隔设置为 2 s。

2.4 爆破安全校核

2.4.1 爆破振动效应

根据《爆破安全规程》的规定, 爆破振动效应的校核采用如下公式, 即

$$V = K'K \left(\frac{Q^{1/3}}{R} \right)^\alpha \quad (6)$$

式中: V 为爆破振动质点振动速度, cm/s; 根据《爆破安全规程》的相关规定, 附近保护的建(构)筑物允许的振动速度最低为 3.5 cm/s; K' 、 K 、 α 为与地震波的传播介质和爆破区地形地质条件有关的衰减系数, 这里根据《爆破安全规程》的相关规定以及岩石软硬程度和振动频率综合考虑, 取 $K = 150$; $\alpha = 1.76$; $K' = 0.25$ 。 Q 为最大段装药量为 Z_3 轴的 4 根立柱的装药量, 经计算约为 59 kg; R 为爆破中心至被保护建筑物或构筑物(待拆除尘器)之间的距离; 这里最小为 30 m。代入数据计算得: $V = 1.03$ cm/s < 3.5 cm/s, 由此可见, 爆破振动对附近建(构)筑物无安全影响。

2.4.2 倒塌触地振动校核

高层楼房在倒塌触地的瞬间会引起相应的振动, 依据倒塌区内地面的软硬程度, 引起的触地振动差异很大。因此需要对楼房的倒塌触地振动进行校核。

根据公式

$$V = K_t [R / (MgH/\sigma)]^{1/3}]^\beta \quad (7)$$

式中: M 为楼房落地构件的总质量, 约为 10 000 t; H 为楼房质心高度, 约为 24.5 m; g 为重力加速度, 9.8 m/s²; σ 为地面介质的破坏强度, 一般取 10 MPa; K_t 、 β 为衰减指数, K_t 取值为 1.20, β 取值为 -1.76; R 为测点(二期锅炉房)至质心震源的距离, 105 m。代入数据计算得 $V = 0.48$ cm/s < 3.5 cm/s。由此可见, 塌落振动对建筑物无影响。

为进一步降低塌落振动危害, 在锅炉房倒塌方向距离楼体 2 m 至 40 m 处的地面上垒筑平行于楼房长 30 m、高 3 m 的土堤; 同时待拆锅炉房边有一条排水沟, 根据类似工程经验, 土堤和排水沟能有效减小塌落振动 70% 左右。

2.4.3 爆破飞石校核

根据经验和工程类比, 个别飞散物最大飞散距离经验公式

$$R_f = 70q^{0.53} \quad (8)$$

式中: R_f 为飞石的最大飞散距离,m; q 为炸药单耗, kg/m^3 ,计算可得 $R_f=134\text{ m}$ 。

由此可见,爆破飞石可能对西侧距25 m处锅炉房和南侧距综合电气楼、220 kV室外配电网125 m等有影响,为安全起见,应采取必要的防护措施,具体为:对立柱爆破部位进行遮挡防护,尤其重点防护西侧、北侧、西北侧的楼房。防护方法为:①棉被+竹笆片+金属筛网,覆盖立柱的炮孔部位。②用绿色防护网竹笆片搭建防护栅栏,遮挡西侧、北侧、西南侧、东侧的门窗和敞开部位。③楼房北侧配电箱

防护措施:在距离受保护的二期锅炉房2 m处环绕搭建高22 m双层脚手架,用竹笆片进行内外双层进行遮挡,用双道12#铁丝缠绕捆牢。

3 现场爆破效果

基于爆破设计方案,对2座锅炉房进行爆破拆除,施工过程中严格按照爆破设计和标准作业规程对锅炉房进行钻孔、装药、填塞及防护,之后按照设计延期时间进行扫码注册、检测和起爆,锅炉房倒塌过程如图10所示。

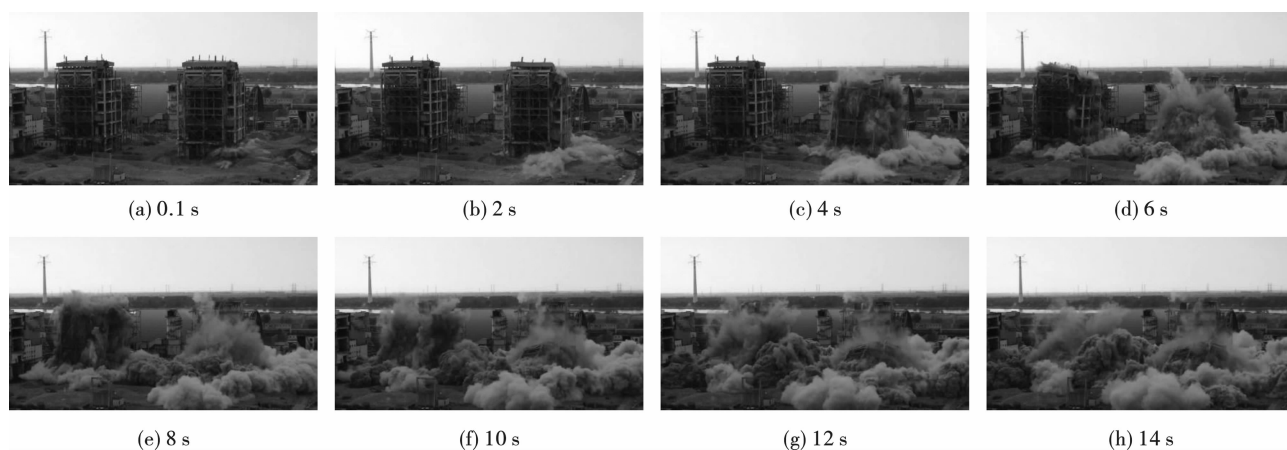


图10 锅炉房倒塌过程

Fig. 10 Collapse process of the boiler room

锅炉房倒塌形态如图11所示。

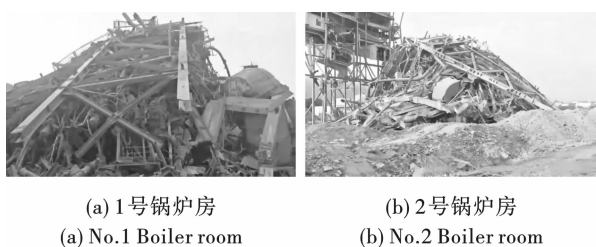


图11 锅炉房倒塌后形态

Fig. 11 The state of the boiler room after collapse

由图11中可以看出,锅炉房基本沿设计方向倒塌,未触及邻近建构筑物,触地后解体完全,爆堆集中,塌落振动、爆破飞石均得到了有效控制,爆破效果基本符合设计要求。但就现场实际情况来看,由于锅炉房重心偏高且集中于上部,相较于一般的质量分布均匀的框架结构,呈现出头重脚轻的特征,锅炉房整体的倾倒趋势更为明显,因此设计中可以减小爆破切口高度,节约施工成本。锅炉房的锅炉布置在楼体北侧,导致整体建筑物大部分质量集中于北侧,故建筑物倒塌时出现了向北偏斜现象,对北侧建筑物产生了一定威胁,针对此类情况,考虑将同一

排立柱进行延期分段,先爆破南侧立柱或者爆破设计时适当降低重心偏向侧的钢混柱切口高度,使锅炉房产生一定的向南倒塌的趋势用于抵消锅炉房向北倾斜,可确保结构按预设轨迹倾倒。同时锅炉房为明显的搭接结构,整体刚度较低,爆破后梁柱之间连接易断裂,导致锅炉房呈现原地坍塌,爆堆范围小且集中,因此减振用土堤应进一步围绕锅炉房周围布置,尤其是重心偏向侧,可进一步增强针对性减振效果从而更好的起到减振效果。

4 结论

针对密集环境下2栋相邻钢混-钢结构混合框架锅炉房爆破拆除难题,结合工程结构特征与复杂周边环境,开展爆破方案设计、安全校核及现场实践研究,通过优化技术参数与工艺,实现建筑安全有序拆除,并得出以下结论:

(1) 提出复合结构协同爆破方法有效解决核心难题。基于重心合成原理估算重心,按“弱柱强梁”原则装药爆破,配合钢柱“人工预切割”工艺,保障钢混与钢结构同步失稳,避免倾覆轨迹偏离。

(2) 针对高宽比较小,不符合定向倾倒要求,适当增大第3排柱和第2排柱之间的延期时间调整为

1 s 左右,以达到支撑点前移,形成临时转动铰目的,保障锅炉房顺利倾倒。

(3)通过 2 s 栋间延期起爆、1.5 ~ 2.5 m 柔性缓冲层及“沙袋 + 废旧地毯 + 安全网”防护,确保爆破振动、塌落振动均低于安全阈值,飞石危害被全面拦截效果。

(4)根据爆破实际效果发现锅炉房类头重脚轻建筑可适当降低切口高度以节约施工成本,同时可通过调整重心侧切口高度或起爆间隔防止锅炉房倒塌偏斜,减振土堤应围绕建筑设施铺设从而进一步增强减振效果,相关经验为后续工程优化提供方向。

参考文献 (References)

- [1] 刘建程,李毅,夏治园,等. 180 m 高钢筋混凝土烟囱定向爆破拆除设计与数值模拟[J]. 爆破, 2025, 42(3):135-144.
- [1] LIU Jian-cheng, LI Yi, XIA Zhi-yuan, et al. Design and numerical simulation of directional blasting demolition for a 180 m high reinforced concrete chimney[J]. Blasting, 2025, 42(3):135-144. (in Chinese)
- [2] 陈顺禄,徐全军,龙源,等. 电厂钢筋混凝土基础快速爆破拆除[J]. 工程爆破, 2017, 23(1):67-70.
- [2] CHEN Shun-lu, XU Quan-jun, LONG Yuan, et al. Rapid blasting demolition of reinforced concrete foundations in power plants[J]. Engineering Blasting, 2017, 23(1):67-70. (in Chinese)
- [3] 高志江,黄泽书,张慧明,等. 电厂锅炉结构荷载分布转换定向放倒拆除施工技术[J]. 安装, 2022(4):26-28.
- [3] GAO Zhi-jiang, HUANG Ze-shu, ZHANG Hui-ming, et al. Construction technology of directional felling demolition by converting load distribution of power plant boiler structure[J]. Installation, 2022(4):26-28. (in Chinese)
- [4] 李玉景,张宝亮,赵文,等. 电厂建筑群大解体式控制爆破实践[J]. 工程爆破, 2019, 25(4):56-61.
- [4] LI Yu-jing, ZHANG Bao-liang, ZHAO Wen, et al. Practice of large-scale controlled blasting for power plant building groups[J]. Engineering Blasting, 2019, 25(4):56-61. (in Chinese)
- [5] 吴庆,夏云鹏,张耀良,等. 复杂环境下火电厂大面积厂房的爆破拆除[J]. 爆破器材, 2022, 51(2):52-58.
- [5] WU Qing, XIA Yun-peng, ZHANG Yao-liang, et al. Blasting demolition of large-area workshops in thermal power plants under complex environments[J]. Blasting Equipment, 2022, 51(2):52-58. (in Chinese)
- [6] 王琪,李本伟,陈德志,等. 台州电厂 210 m 钢筋混凝土烟囱 40m 高切口爆破拆除[J]. 爆破, 2016, 33(2):92-96, 112.
- [6] WANG Qi, LI Ben-wei, CHEN De-zhi, et al. Blasting demolition with a 40 m high cut for a 210 m reinforced concrete chimney in Taizhou Power Plant[J]. Blasting, 2016, 33(2):92-96, 112. (in Chinese)
- [7] 吕义军. 荆门电厂 210 m 高钢筋砼烟囱爆破拆除工程安全管理[J]. 工业安全与环保, 2017, 43(6):32-34, 81.
- [7] LV Yi-jun. Safety management of blasting demolition project for a 210 m high reinforced concrete chimney in Jingmen Power Plant[J]. Industrial Safety and Environmental Protection, 2017, 43(6):32-34, 81. (in Chinese)
- [8] 赵文,李玉景,张宝亮,等. 大跨度 84 m 高旋风塔定向拆除爆破[J]. 工程爆破, 2023, 29(2):109-114, 136.
- [8] ZHAO Wen, LI Yu-jing, ZHANG Bao-liang, et al. Directional demolition blasting of a 84 m high cyclone tower with large span[J]. Engineering Blasting, 2023, 29(2):109-114, 136. (in Chinese)
- [9] 邢光武,张北龙,姬震西. 顺德五沙德胜电厂 120m 烟囱定向爆破拆除[J]. 爆破, 2016, 33(3):92-95.
- [9] XING Guang-wu, ZHANG Bei-long, JI Zhen-xi. Directional blasting demolition of a 120 m chimney in Shunde Wusha Desheng Power Plant[J]. Blasting, 2016, 33(3):92-95. (in Chinese)
- [10] 周晓光,孙向阳,周明安,等. 复合结构嵌套建(构)筑物一次性爆破拆除[J]. 爆破, 2024, 41(1):106-111, 133.
- [10] ZHOU Xiao-guang, SUN Xiang-yang, ZHOU Ming-an, et al. One-time blasting demolition of composite structure nested buildings (structures) [J]. Blasting, 2024, 41(1):106-111, 133. (in Chinese)
- [11] 陆林欣,张韩涛. 58 m 高锅炉房的爆破拆除[J]. 采矿技术, 2017, 17(1):79-81.
- [11] LU Lin-xin, ZHANG Han-tao. Blasting demolition of a 58 m high boiler room [J]. Mining Technology, 2017, 17(1):79-81. (in Chinese)
- [12] 谢续文,孙向阳,张华,等. 线性聚能切割爆破拆除钢结构锅炉[J]. 采矿技术, 2023, 23(2):110-114.
- [12] XIE Xu-wen, SUN Xiang-yang, ZHANG Hua, et al. Linear shaped charge cutting blasting for demolishing steel structure boilers[J]. Mining Technology, 2023, 23(2):110-114. (in Chinese)
- [13] 安玉东,陈德志,李本伟. 石嘴山热电厂厂房爆破拆除[J]. 爆破, 2013, 30(4):96-98, 112.
- [13] AN Yu-dong, CHEN De-zhi, LI Ben-wei. Blasting demolition of workshops in Shizuishan Thermal Power Plant [J]. Blasting, 2013, 30(4):96-98, 112. (in Chinese)
- [14] 刘文广. 中心城区超高层楼群多缺口折叠爆破拆除[J]. 爆破器材, 2021, 50(5):58-64.
- [14] LIU Wen-guang. Multi-notch folding blasting demolition of super high-rise buildings in central city [J]. Blasting Equipment, 2021, 50(5):58-64. (in Chinese)
- [15] 高文乐,王燕萍,李琛豪,等. 小高宽比框架结构爆破拆除数值模拟研究[J]. 爆破, 2024, 41(1):112-119.
- [15] GAO Wen-le, WANG Yan-ping, LI Chen-hao, et al. Numerical simulation study on demolition of frame structure with small height-width ratio by blasting [J]. Blasting, 2024, 41(1):112-119. (in Chinese)